

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Patentschrift

⑯ DE 24 35 071 C 1

⑮ Int. Cl. 7:  
F 01 D 9/02

⑳ Unionspriorität:

35579/73 26. 07. 1973 GB

㉑ Patentinhaber:

Rolls-Royce plc, London, GB

㉒ Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

㉓ Aktenzeichen: P 24 35 071.8-13

㉔ Anmeldetag: 22. 7. 1974

㉕ Offenlegungstag: -

㉖ Ausgabetag der Schrift: 28. 12. 2000

㉗ Erfinder:

Scott, Alexander, Filton, Bristol, GB; Simmons, Roy, Olveston, Bristol, GB

㉘ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

FR 14 65 803

GB 10 75 910

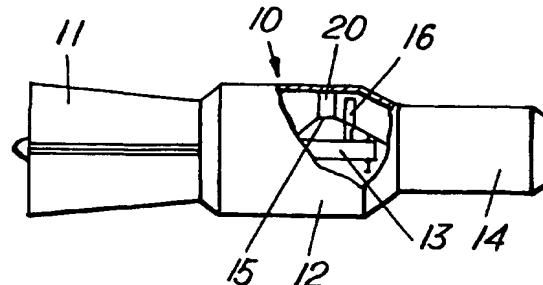
US 35 15 499

DT-AS 10 62 496

Erteilt gem. § 30 e PatG in der Fassung vom 2. Januar 1968

㉙ Statorschaufel für ein Gasturbinenstrahltriebwerk

㉚ Statorschaufel für ein Gasturbinenstrahltriebwerk, bestehend aus schichtweise gestapelten Abschnitten aus hitzebeständigem Werkstoff mit einer Halterung, welche die Abschnitte zusammenhält, indem sie eine Druckkraft auf die Abschnitte ausübt, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckkraft im Betrieb mittels Druckmitteldruckes auf die Halterung (29, 30, 32, 35) aufgebracht wird.



DE 24 35 071 C 1

DE 24 35 071 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Statorschaufel für ein Gasturbinenstrahltriebwerk.

Ein Weg, den Wirkungsgrad eines Gasturbinenstrahltriebwerks zu erhöhen, besteht darin, die Temperatur zu erhöhen, auf die die Gase in der Brennkammer erhitzt werden. Ein solches Ansteigen der Temperatur erfordert jedoch, daß die Bauteile unmittelbar stromab der Brennkammer höheren Temperaturen standhalten müssen, und es wird daher ständig nach Materialien gesucht, die solch hohen Temperaturen standhalten können. Viele der Werkstoffe, die so hohen Temperaturen standhalten können, z. B. Keramikmaterialien, besitzen den Nachteil, daß sie sehr spröde sind oder andere unerwünschte mechanische Eigenschaften besitzen, und es müssen spezielle Möglichkeiten ersonnen werden, um Bauteile aus diesen Materialien zu konstruieren und festzulegen.

Bei einer aus der GB-PS 1 075 910 bekannten Schaufel dieser Art, bei der mehrere Abschnitte in Form eines Stapels zusammengebaut sind, besteht der Nachteil, daß die Abschnitte ihrerseits einen niedrigen Ausdehnungskoeffizienten besitzen, während der Zugbolzen, der die Abschnitte zusammenhält, einen größeren Ausdehnungskoeffizienten besitzt, so daß infolgedessen die Abschnitte des Aufbaus bei hohen Temperaturen sich lockern können und bis zu einem gewissen Grad frei gegeneinander beweglich sind.

Bei einer anderen bekannten Statorschaufel dieser Bauart, wie sie FR-PS 1 465 803 bekannt ist, wird eine Halterung benutzt, welche die Abschnitte zusammenhält, indem sie eine Druckkraft auf diese Abschnitte ausübt, wobei die Halterung bis zu einem gewissen Ausmaß elastisch ist, so daß eine gewisse Anpassung an unterschiedliche Temperaturausdehnungen möglich ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Halterung der Abschnitte und die auf sie wirkende Druckkraft so zu bemessen, daß sowohl im kalten Zustand als auch im heißen Betriebszustand die Abschnitte mit einer im wesentlichen gleichen Kraft gegeneinander gedrückt werden, die so bemessen ist, daß mit Sicherheit eine gegenseitige Verschiebung vermieden, zugleich aber eine Überbelastung des spröden Schaufelmaterials vermieden wird.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe bei einer Statorschaufel der im Hauptanspruch umrissenen Gattung, dadurch gelöst, daß die Druckkraft im Betrieb mittels Druckmitteldruckes auf die Halterung aufgebracht wird.

Als Druckmittel kommt dabei in erster Linie Druckluft in Betracht, die vom Kompressor des Triebwerks abgezapft ist. Auf diese Weise wird erreicht, daß trotz weitgehender unterschiedlicher thermischer Ausdehnung der eingestellte Druck, der durch das Druckmittel bestimmt ist, im Betrieb erhalten bleibt, während im Stillstand durch einen entsprechend bemessenen Kern und formschlüssige Anschlüsse das axiale Spiel zwischen den Abschnitten vermieden ist. Die pneumatische Druckmittel-Spannvorrichtung wird demgemäß im Betrieb zusätzlich zu fest angeordneten Endanschlüssen, wodurch die im Betrieb auftretenden Kräfte mit Sicherheit und ohne die Gefahr der Beschädigung der Schaufelabschnitte aufgenommen werden können.

Um den Kern im Inneren der Abschnitte unterbringen zu können, sind die Schichtabschnitte hohl ausgebildet, wie dies aus sich aus der DT-AS 1 062 496 bekannt ist. Diese Druckschrift zeigt auch, daß es bekannt ist, die Abschnitte aus hochtemperaturfestem Keramikmaterial zu fertigen.

Um eine gegenseitige Relativverschiebung der Abschnitte zu vermeiden, wird zweckmäßigerweise ein der Be- rührungsflächen benachbarter Abschnitt mit wenigstens einer Nut versehen, die mit der anliegenden Stirnfläche einen

Kanal bildet, durch den Druckluft entweichen kann, um die Schaufeloberfläche durch einen Luftfilm zu kühlen. Diese Möglichkeit der Kühlung ist an sich bereits durch die FR-PS 1 465 803 bekannt.

5 Nachstehend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung an Hand der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigt:  
Fig. 1 eine teilweise aufgebrochene schematische Ansicht eines Gasturbinenstrahltriebwerks zur Anwendung der Erfindung;

10 Fig. 2 einen Schnitt einer Düsenleitschaufel des Triebwerks gemäß Fig. 1;  
Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie 3-3 gemäß Fig. 2;  
Fig. 4 in größerer Darstellung einen Schnitt nach der Linie 4-4 gemäß Fig. 3.

15 Fig. 1 zeigt ein Gasturbinenstrahltriebwerk 10 mit einem Verdichter 11, einer Verbrennungseinrichtung 12, einer Turbine 13 und einem Strahlrohr 14, die sämtlich in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet sind. Der in Fig. 1 aufgebrochen dargestellte Teil läßt schematisch einen Teil einer Ringdüse 15 am stromunterseitigen Ende der Verbrennungseinrichtung 12 und stromoberseitigen Ende einer Turbinenrotorstufe 16 erkennen. Innerhalb der Düse 15 sind mehrere im Winkelabstand zueinander angeordnete Düsenleitschaufln 20 vorgesehen, die im wesentlichen radial durch die Ringdüse 15 verlaufen und dazu dienen, die heißen Brenngase aus der Brennkammer 12 in die Turbine 13 zu leiten.

20 Die Konstruktion der Düsenleitschaufl 20 gemäß der Erfindung ist in den Fig. 2, 3 und 4 dargestellt. Jede Leitschaufl 20 besitzt einen äußeren Endanschlag 21, der einen Teil des äußeren Schaufelringes des Schaufelkranzes bildet, und außerdem besitzt jede Schaufl 20 einen Kern 22, der ein Stückig mit dem Endanschlag 21 hergestellt ist und radial innerhalb der Ringdüse 15 verläuft. Am radial inneren Ende des Kerns 22 ist ein innerer Endanschlag 23 angeordnet. In ähnlicher Weise wie der äußere Anschlag 21 bildet dieser einen Teil eines vollständigen inneren Schaufelringes.

25 Wie am besten aus Fig. 3 ersichtlich, hat der Kern 22 einen stromlinienförmigen Querschnitt, und aus Fig. 4 ist ersichtlich, daß die äußere Oberfläche des Kerns kleine Vorsprünge oder Warzen 24 an der äußeren Oberfläche aufweist. Der Kern ist ebenso hohl und besitzt eine zentrale Bohrung 25, die sich am äußeren Ende erweitert, um eine zylindrische Kammer 26 zu bilden. Die zentrale Bohrung 25 steht über Lochreihen 27 mit der äußeren Oberfläche des Kerns in Verbindung.

30 Die stromlinienförmige Oberfläche der Schaufl selbst besteht aus einem Stapel von Schichtabschnitten 28. Diese Abschnitte 28 bestehen aus heißgepresstem Siliciumnitrit mit einem äußeren chemischen Überzug aus durch Dampfablagerung hergestelltem Siliciumnitrit, welcher die tatsächliche Strömungsoberfläche bildet. Die Abschnitte sind so gestaltet, daß ihre inneren Oberflächen die gleiche Gestalt haben, wie die sich durch die äußeren Enden der Vorsprünge 24 ergebende Gestalt. Die äußeren Oberflächen jedes Abschnitts haben eine stromlinienförmige Gestalt und bilden einen Schichtabschnitt der Gesamtschaufl.

35 Eine Vielzahl dieser Abschnitte 28 wird vom Kern 22 in einem Stapel derart getragen, daß jeder Abschnitt den Kern umfasst und durch Eingriff mit den Enden der Vorsprünge 24 an Ort und Stelle gehalten wird. Benachbart zu den Anschlägen 21, 23 besitzt der Kern Vorsprünge 24A, 24B (Fig. 4), die in Umfangsrichtung kontinuierlich so verlaufen, daß der Raum zwischen den Abschnitten und dem Kern gegenüber den Verbrennungsgasen, die um die Schaufl herumströmen, abgedichtet ist. Der Abschnittsstapel wird an einem Abgleiten am Kern in axialer Richtung durch die Endanschläge 21 und 23 gehindert. Es ist jedoch hierbei zu berücksichtigen, daß eine differentielle Ausdehnung zwischen

Kern und den Abschnitten stattfindet, so daß die Abschnitte ein axiales Spiel erhalten könnten, was zu einem Klappern und zu einer Beschädigung der spröden Abschnitte führen könnte.

Um diese Gefahr auszuschalten, ist die zylindrische Kammer 26 mit einem Kolben 29 versehen, der mit Gleitsitz in der Kammer angeordnet ist. Durch die Bohrung 25 erstreckt sich eine Kolbenstange 30, die an ihrem inneren Ende vergrößert ist, so daß sie mit einer Platte 32 zusammenwirkt. Die Platte 32 ist mit drei Löchern 33 versehen, in die Vorsprünge 34 von Siliciumnitritknöpfen 35 eingreifen. Jeder Knopf 35 wird in einer Bohrung 36 im inneren Endanschlag 23 gehalten und erstreckt sich hierdurch, um auf dem untersten Abschnitt des Stapels zu ruhen. Der Kern 22 ist, wo erforderlich, weggeschnitten, damit die Knöpfe 35 sich begrenzt axial bewegen können. Die Knöpfe sind so im Abstand angeordnet, daß zwei auf den Abschnitt in der Nähe des Vorderrandes einwirken, während ein Knopf auf beide Flankenabschnitte am Hinterrand des Abschnitts einwirkt.

Um die erforderliche Luft unter genügend hohem Druck zur Kühlung zu liefern und um zu bewirken, daß die Knöpfe gegen die Abschnitte anliegen, ist eine Zentrifugalkpumpe 40 als integraler Teil der Welle 13 der Turbine 16 vorgesehen. Diese Pumpe nimmt Luft von der Innenseite der Welle auf und zentriert diese durch die Welle nach einem Diffusorring 41, der im festen Aufbau 42 angeordnet ist und am Schaufelring gehalten wird, der durch die Anschläge 23 gebildet wird, um eine ringförmige Füllkammer 45 zu bilden, die mit den Bohrungen 25 des Kerns 22 in Verbindung steht.

Die Arbeitsweise ist wie folgt: Die Länge des Kerns 22 und die Dicke der Abschnitte 28 sind so aufeinander abgestimmt, daß im kalten Zustand der Stapel der Abschnitte 28 nur ein sehr geringes axiales Spiel zwischen den Anschlägen 21 und 23 besitzt.

Wenn das Triebwerk anläuft, dreht sich die Welle 13 und bewirkt, daß die Pumpe 40 Druckluft nach dem Diffusorring 41 liefert, in welchem der dynamische Druck der Luft in einen hohen statischen Druck innerhalb der Füllkammer 43 umgeformt wird. Dieser hohe Luftdruck beaufschlägt über die Bohrung 25 den Zylinder 26 und wirkt auf den Kolben 29, um diesen nach außen zu drücken.

Der Kolben 29 wirkt über die Kolbenstange 30 und die Platte 32 auf die Knöpfe 35, um diese nach außen zu drücken, so daß die Abschnitte 38 des Stapels gegen den äußeren Endanschlag 21 gepresst werden. Obgleich der Kern 22 und die Kolbenstange 30 sich in einem größeren Ausmaß ausdehnen als die Abschnitte des Stapels 28, wird der Kolben 29 ständig während des Laufs des Triebwerks nach außen gedrückt, wobei der Stapel der Abschnitte zusammengepresst wird und alles Spiel zwischen den Abschnitten aufgenommen wird. Dies hat das Auftreten eines Spaltes zwischen dem innersten Abschnitt 28 und dem Anschlag 23 zur Folge. Die Bohrungen 27 ermöglichen jedoch, daß die Hochdruckluft aus der Bohrung 25 in den Raum zwischen den Abschnitten 28 und dem Kern eintritt, und diese Luft setzt die Dichtung unter Druck, die an den Vorsprüngen 24A, 24B gebildet ist, wodurch das Eindringen heißer Gase vermieden wird und wodurch die Integrität der Schaufel aufrechterhalten wird.

Die Hochdruckluft, die in den Raum zwischen den Abschnitten und dem Kern strömt, ergibt eine gewisse Auf-treffkühlung der Abschnitte und könnte außerdem als Filmkühlung benutzt werden. Insbesondere könnte eine oder beide der anliegenden Oberflächen benachbarter Abschnitte mit Nuten versehen werden, die Kanäle innerhalb der so hergestellten Schaufel bilden, durch welche Luft hindurchströmen könnte, um eine Filmkühlung an der Schaufeloberfläche zu bewirken. Diese Nuten sind in den Fig. 3 und 4 bei

44 sichtbar.

Gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die Abschnitte aus Siliciumnitrit hergestellt und sie werden durch Luftdruck zusammengehalten, jedoch ist auch eine Abwandlung möglich. So könnte das gleiche Prinzip benutzt werden mit Abschnitten aus geeignetem anderen hochtemperaturfestem Material, während die Druckluft auch direkt auf den inneren Abschnitt wirken könnte.

10

#### Patentansprüche

1. Statorschaufel für ein Gasturbinenstrahltriebwerk, bestehend aus schichtweise gestapelten Abschnitten aus hitzebeständigem Werkstoff mit einer Halterung, welche die Abschnitte zusammenhält, indem sie eine Druckkraft auf die Abschnitte ausübt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckkraft im Betrieb mittels Druckmitteldruckes auf die Halterung (29, 30, 32, 35) aufgebracht wird.
2. Statorschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterung Mittel (29, 30, 32, 35) aufweist, die Druckluft vom Triebwerk (10) auf die Abschnitte (28) wirken läßt.
3. Statorschaufel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluft auf einen Kolben (29) wirkt, der in einem Zylinder (26) läuft, wobei entweder der Kolben oder der Zylinder fest ist und der Zylinder oder der Kolben mit einem Ende des Stapelabschnitts verbunden ist, um die Abschnitte gegen einen Endanschlag (21) am anderen Ende des Stapels zu drücken.
4. Statorschaufel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Zylinder (26) einen Teil eines festen Aufbaus (22) in der Nähe eines Endes des Stapels bildet und daß der Kolben (29) über eine Verbindungsstange (30) mit dem gegenüberliegenden Ende des Stapels verbunden ist, um einen Kompressionsdruck zu bewirken.
5. Statorschaufel nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsstange (30) auf die gestapelten Abschnitte über eine Lastverteileranordnung (32, 35) wirkt.
6. Statorschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschnitte (28) hohl ausgebildet sind und einen massiven Kern (22) umschließen.
7. Statorschaufel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschnitte (28) am Kern (22) durch starr fixierte Endanschläge (21, 23) gehalten werden und daß die Halterung (29, 30, 32, 35) zusätzlich zu den Anschlägen vorgesehen ist.
8. Statorschaufel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (22) hohl ist, wobei der hohle Mittelraum (35) des Kerns an einem Ende vergrößert ist und dort den Zylinder (26) bildet, der den Kolben (29) führt, welcher die Abschnitte (28) unter der Wirkung von Druckluft zusammenhält, die dem hohlen Inneren zugeführt wird.
9. Statorschaufel nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluft in den Raum zwischen dem Kern (22) und den Abschnitten (28) eintreten kann, um eine Kühlung der Abschnitte zu bewirken.
10. Statorschaufel nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Berührungsflächen benachbarter Abschnitte (28) mit wenigstens einer Nut (44) versehen sind, die mit der anliegenden Stirnfläche einen Kanal bildet, durch den Druckluft entweichen kann, um die Schaufeloberfläche durch einen Luftfilm zu kühlen.
11. Statorschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Abschnitte (28) aus Keramikmaterial bestehen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

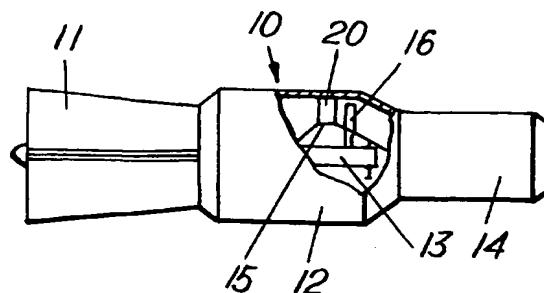
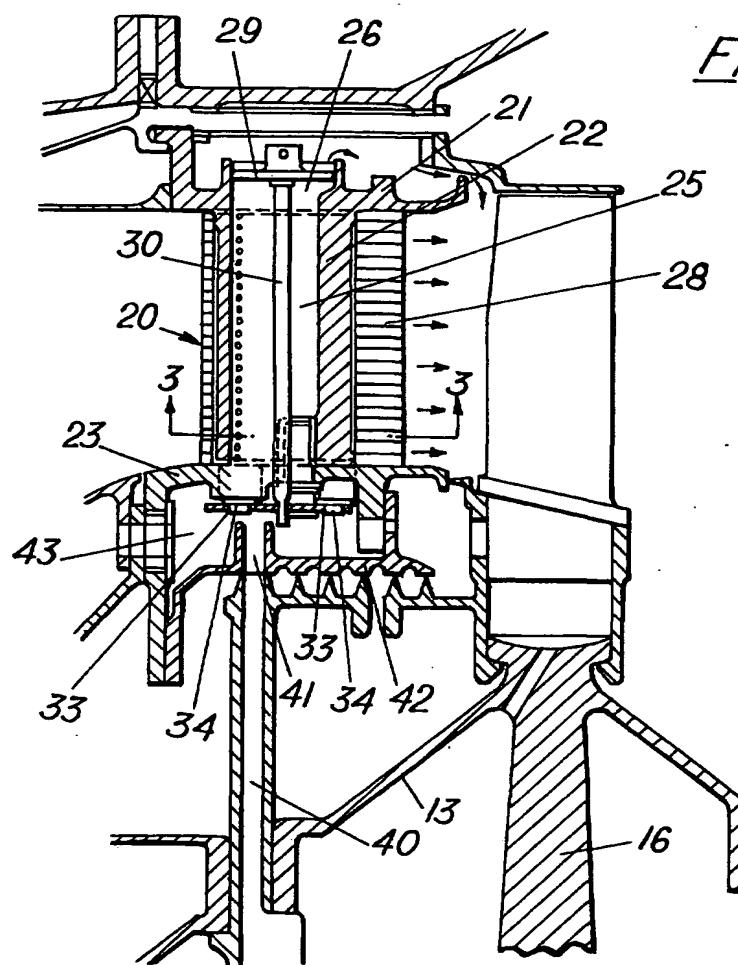
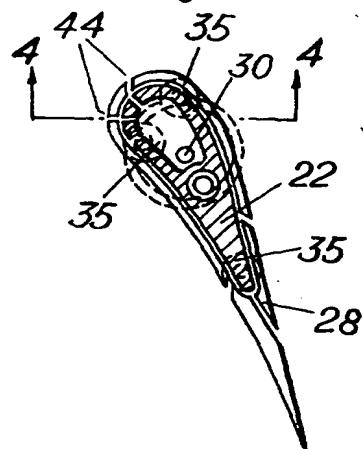
Fig. 1.Fig. 2.

Fig. 3.Fig. 4.